

太湖流域地表水资源分质评价及水质型 缺水形势分析*

耿玉琴 朱威 王同生

(水利部太湖流域管理局, 上海 200434)

提 要 太湖流域水资源供需矛盾主要体现为“水质型缺水”问题, 如何对“水质型缺水”进行定量描述, 在太湖流域是一个难题. 本文提出了“分质水资源量”的概念, 以流域水资源四级分区为单元, 以分区水质监测资料结合水资源量进行分析, 分别统计分区分质水资源量. 分析表明: 太湖流域 $142 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的地表水资源量中, III类以上的适合于饮用水源和一般工业用水的优质水为 $35.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 25.2%; 适合于电力冷却用水、农业灌溉的IV-V类水为 $46.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 32.6%; 不可利用的劣V类水有 $59.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 42.2%. 流域内优于V类(含V类)的地表水资源量为 $82.2 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占地表水总资源量的 57.8%. 而浅层地下水已基本被污染. 需要指出, I-III类优质水虽仍有 $35.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 但目前流域内对 I-III类水的需求量已达 $60.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, 如将此两数对比, 则优质水缺额为 $24.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 但实际上, 优质水的需求主要集中在流域中下游, 而可供优质水水源则主要集中在流域上游地区山区水库和中游太湖湖心区、东部湖区和太浦河, 供需两者的空间分布有较大出入, 因此优质水资源缺额将更大, 由此可见太湖流域水质型缺水形势十分严峻.

关键字 太湖流域 水资源 质量评价

分类号 P343.3

1 太湖流域地表水资源量评价

1.1 流域自然地理状况及水文特点

太湖流域位于长江三角洲, 东临东海, 北抵长江, 南滨杭州湾, 西部以天目山、茅山为界, 流域面积 36895 km^2 . 流域地貌分为山地丘陵及平原两大类, 西部高东部低, 其中 20% 为山丘区, 80% 为平原. 平原区外临江海, 内接河网, 众多湖泊镶嵌其中, 据统计水面积大于 0.5 km^2 的湖泊有 189 个, 大于 50 km^2 的大型湖泊有 5 个, 其中最大的湖泊为太湖, 水面积为 2338 km^2 . 流域地势平坦, 水系发达, 河道纵横交错, 呈网状分布, 河道总长 $12 \times 10^4 \text{ km}$ 且河网干支流概念模糊. 受长江潮汐顶托的影响, 水流流速缓慢, 流向多变, 汇流特性极为复杂(详见图 1).

1.2 太湖流域地表水资源量评价方法

合理评价太湖流域水资源的关键是弄清楚流域地表水资源量. 太湖流域地表水资源量

*2003-08-12 收稿; 2003-11-28 收修改稿. 耿玉琴, 女, 高级工程师.

的计算由于其平原河网特性,河道坡度平缓,水流流速缓慢且流向不定,以及流域无出口控制断面,加之 1991 年大水之后开展了流域性的治太工程,人类活动异常剧烈,难以采用实测流量资料直接计算和还原方法估算天然水资源量.但太湖流域雨量观测站网稠密,雨量资料系列长,且雨量资料不受河网及人类活动的影响,系列的一致性较好.结合本流域的水文特点,经多方案分析认为利用丰富的降雨观测资料采用间接法推求流域水资源量是解决本流域水资源评价的有效途径.



图 1 太湖流域水资源分区图

Fig.1 Divisions for water resources classification in Taihu Basin

利用降雨资料推求水资源量的方法很多,以往曾采取借用相邻地区降雨径流关系,由本流域的降雨系列生成径流系列的方法,也有根据洪水期间巡测资料进行径流系列分析.这些方法都存在一定的局限性,如借用相邻地区的降雨径流关系,该降雨径流关系的代表性如何,能否反映本流域的产流特点,其成果的精度能否保证,存在较多的疑问.根据洪水期巡测资料分析径流系列,由于产流量与降雨强度关系密切,洪水期的降雨径流关系用于枯水期会因降雨强度的差别影响计算精度.尤其本次地表水评价的目的是为流域水资源配置提供依据的,枯水期径流的估算对水资源配置尤为重要,因此采用洪水期巡测资料估算径流同样存在缺陷.基于上述考虑,根据太湖流域的水文特点,决定太湖流域水资源量计算采用流域模型法-降雨径流日模型.

根据太湖流域不同区域的地貌特征将其分为三大片,即平原区、湖西丘陵区及浙西山

区,针对各片特征分别构造模型,太湖流域水资源产流模型即由这三部分组成.根据太湖流域水资源规划的水利分区,结合山丘区产汇流及平原区河网水利计算的特点,太湖流域产流计算共分为36个分区及3个自排片,其中浙西山区10个分区,平原区16个分区,湖西丘陵10个分区.

(1)平原区产流:分为水田、旱地、水面、城镇及其他不透水层四种下垫面进行产流计算. a)水田产流由地表径流及壤中流两部分组成,其产流过程取决于作物生长期的需水过程、水田的适宜水深、耐淹水深(上限)必需水深(下限)、水田下渗及灌排方式; b)旱地产流:应用一水源一层蒸发的新安江模型; c)水面产流:降雨扣除水面蒸发; d)城镇及其他不透水层产流:采用径流系数法.平原又有圩区与非圩区之分.圩区与非圩区产流方式相同,汇流情况不同.圩内汇流须考虑排涝模数,圩外则用平原汇流单位线.

(2)湖西丘陵区产流:湖西丘陵区实测资料缺乏,地势较低,水、旱地耕种面积较大和塘坝众多,产流计算仍按四种下垫面分别进行计算,方法与平原区基本相同.汇流计算应用单位线,并考虑塘坝的调蓄作用,对湖西的三座大型水库进行调节演算.与平原区的区别是山丘区无圩内、圩外之分.旱地产流计算中的蓄水容量曲线指数B的取值也不同.汇流将产流分区的净雨深利用瞬时单位线进行计算.

(3)浙西山区产流:浙西山区属于典型的湿润地区.区内有一些具有较完整实测水文资料的子流域,可以应用三水源、三层蒸发的新安江日模型进行产流计算.浙西山区的一些子流域中还包含了一些大中型水库,在产流计算中对这些水库进行调节计算.

1.3 太湖流域地表水资源量

根据以上方法,计算得出太湖流域多年平均地表水资源量为 $142.2 \times 10^8 \text{m}^3$ (表17).

表1 太湖流域地表水资源量典型系列计算初步成果表(多年平均年径流量)

Tab.1 Preliminary calculation on the typical running water resources series in the Taihu Basin

流域及分区	计算面积(km ²)	降雨量($\times 10^8 \text{m}^3$)	地表水资源量($\times 10^8 \text{m}^3$)
湖西区	7791.08	88.90	26.10
武澄锡虞区	3720.15	39.41	11.73
阳澄淀泖区	4314.10	46.16	10.89
湖区	3192.00	36.45	11.42
浙西区	5930.88	86.88	38.42
杭嘉湖区	7480.26	90.15	19.27
浦东区	2301.25	25.52	13.45
浦西区	2165.14	23.04	10.91
太湖流域	36894.87	455.43	142.19

2 水资源分区水质评价

太湖流域属于水质型缺水地区,流域优质水资源主要集中流域上游地区山区水库和中游太湖,而中下游河网水污染十分严重.因此,按照流域水资源分区对水质进行评价,十分重要,能够充分反映流域优质水空间分布情况.鉴于太湖流域属于典型河网地区,下游水体又受到感潮影响,因此,很难确定每一个监测站的代表河长.在太湖流域关键是在每个水资

源分区确定合适的水质监测站网, 而对监测单站, 评价时可给予相同的权重, 进行分区水质评价.

2001 年水利部太湖流域管理局曾组织在全流域主要水体进行大规模同步水质监测, 通过监测掌握各水资源分区水质情况. 监测工作共三次, 分别在 1 月、5 月和 10 月进行. 监测范围包括江苏、浙江和上海两省一市, 共设 320 个监测断面(点), 其中江苏 203 个、浙江 72 个、上海 45 个, 覆盖太湖流域山区和平原地区的主要河流、湖泊、大中型水. 然后, 对分区水体水质监测断面(点)的监测结果先进行水质评价, 确定其水质类别. 鉴于太湖流域水污染问题主要为有机污染和富营养化, 因此采用水质监测指标为四项: 溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮和总磷.

按照太湖流域水资源七个分区统计, 水质监测结果见表 2. 按水资源四级分区划分, 上游浙西区监测点的水质最好, 该区 56.4% 的监测站水质达到或优于 III 类水(符合饮用水源地质量要求), 其次是太湖区(37%)和杭嘉湖区(30.4%), 最差是浦东浦西区(全部劣于 III 类水)、武澄锡虞区和湖西区.

表 2 太湖流域水资源分区水质类别比例

Tab.2 Ratios for different water quality types and relevant sub-district water resources in the Taihu Basin

水质类别	湖西区	武澄锡虞区	阳澄淀泖区	太湖区	杭嘉湖区	浙西区	浦东浦西区
II 类	1.1%	0.8%	1.1%	11.1%	5.8%	15.0%	0.0%
III 类	8.5%	4.0%	8.4%	25.9%	24.6%	41.4%	0.0%
IV 类	26.5%	5.6%	46.3%	37.1%	34.3%	25.9%	7.4%
V 类	14.3%	16.8%	16.9%	13.0%	6.3%	2.5%	0.0%
劣 V 类	49.7%	72.8%	27.4%	12.9%	29.0%	15.1%	92.6%
合计	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

3 分质水资源量估算方法探讨

3.1 估算方法

太湖流域属水质型缺水地区, 流域分质水资源量估算有一定现实意义. 分析或估算流域分质水资源量的目的, 是为了比较宏观地说明在特定的年份、特定的水文和工程调控条件下流域内不同部分各种类别水质的水量分布情况, 从这个目的出发, 其估算办法是可以适当简化的. 对现状某一特定年份的流域分质水资源量可按以下步骤估算:

(1) 计算当年的全流域地表水资源量, 同时求出流域内各水资源量计算分区或行政分区的水资源量.

(2) 搜集当年的水质监测资料, 对每一分区内各测点计算其年平均水质指标并确定其水质类别, 以每一测点所代表的面积或河长为权重(太湖流域目前采用相同的权重), 求出每一分区内各类水所占的百分比.

(3) 将每一分区内各类水所占百分比乘以该分区的地表水水资源量, 即可求出该分区的各类水的水量.

(4) 将流域内所有各分区的各类水的水量分类相加, 最终求出流域的分质水资源量. 需要说明的是, 步骤(2)中的水质监测资料包括了河道、湖泊和水库等各类测点. 湖

泊、水库和河道的情况有所不同,按照同样的办法计算各类水所占百分比,处理方式较为简单.为了更符合实际,可以考虑采取适当的办法将湖泊和水库的分质水资源量划出单独计算,而将流域其余的水资源量在河道测点所代表的范围内按步骤(2)进行分质水资源量计算;由于流域内各分区水体的水质受到流域降雨和径流情况的影响,在计算分质地表水资源量时,水质分布和水资源量的年份应该是同一年份,即两者是对应的.

办法主要适用于现状条件,而且对于选定的年份要有比较多的水质监测资料.在规划条件下,如采用典型年法,则对于不同的规划水平年,以上办法仍然可以适用,所不同的是,流域内各分区的水质不是实测资料,而是根据规划典型年的条件,通过水量水质数学模型进行预测计算.

3.2 估算的分质水资源量

以各分区监测点的各类水质(年均水质)所占比例(表2)乘以多年平均分区地表水资源量(表1),得到多年平均条件下各分区分质水资源量(表3).

表3 太湖流域分质水资源量($\times 10^8 \text{m}^3$)

Tab.3 Calculations on the classified water resources qualities in the Taihu Basin($\times 10^8 \text{m}^3$)

分区	湖西区	武澄锡虞区	阳澄淀泖区	太湖区	杭嘉湖区	浙西区	浦东浦西区	合计
I-III类	2.49	0.56	1.03	4.23	5.86	21.67	0.00	35.83
IV-V类	10.63	2.63	6.88	5.71	7.82	10.94	1.80	46.42
劣V类	12.98	8.54	2.98	1.48	5.59	5.81	22.56	59.94
V类或优于V类	13.12	3.19	7.91	9.94	13.68	32.61	1.80	82.25

由此可见,太湖流域 $142 \times 10^8 \text{m}^3$ 的地表水资源量中,III类以上的适合于饮用水源和一般工业用地的优质水为 $35.8 \times 10^8 \text{m}^3$,占25.2%;适合于电力冷却用水、农业灌溉的IV-V类水共 $46.4 \times 10^8 \text{m}^3$,占32.6%;不可利用的劣V类水有 $59.9 \times 10^8 \text{m}^3$,占42.2%.流域内优于V类(含V类)的地表水资源量为 $82.2 \times 10^8 \text{m}^3$,占地表水总资源量的57.8%.而浅层地下水已基本被污染.

需要指出,I-III类优质水虽仍有 $35.8 \times 10^8 \text{m}^3$,但目前流域内对I-III类水的需求量已达 $60.6 \times 10^8 \text{m}^3$,如将此两数对比,则优质水缺额为 $24.8 \times 10^8 \text{m}^3$,但实际上,优质水的需求主要集中在流域中下游,而可供优质水水源则主要集中在流域上游地区山区水库和中游太湖湖心区、东部湖区和太浦河,供需两者的空间分布有较大出入,因此优质水资源缺额将更大.如果再对日取水量 $5 \times 10^4 \text{t}$ 以上的自来水厂的水源地水质进行分析,则流域内共有此类水厂26座,日供水总量 $1403 \times 10^4 \text{m}^3$,其中14座水厂的取水口(日取水量 $916 \times 10^4 \text{m}^3$)水质不符合饮用水源和一般工业用水水源的水质要求.如不抓紧治理,则今后优质水缺额可能进一步增加.

目前太湖流域因水污染造成的水质型缺水问题最为突出,并引发一系列水资源问题,如水质型缺水长期得不到有效解决,可能会影响流域经济社会的可持续发展.

参 考 文 献

- 1 黄宣伟.太湖流域规划与综合治理,北京:中国水利电力出版社,2000
- 2 秦忠,朱威.用可持续发展思路解决太湖污染问题.中国水利,2000,5:44

- 3 朱威. 太湖富营养化治理存在的问题及对策. 中国水利, 2001, 8: 63-64
- 4 孙顺才, 黄漪平主编. 太湖. 北京: 海洋出版社, 1993

Water Quality Assessment and Shortage Analysis Caused by Pollution in the Taihu Basin

GEN Yuqin, ZHU Wei & WANG Tongsheng

(Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources, Shanghai 200434, P.R. China)

Abstract

The Taihu Basin is located in the southern part of the Delta of the Yangtze River in China. The most part of the basin belongs to a plain area with a dense river network. Nowadays, the water shortage caused by pollution has become a big problem for the sustainable water utilization in Taihu Basin. In this research, a daily precipitation and runoff model was firstly introduced to analyze the daily runoff process in the typical years and evaluate the availability of water resources in the basin. Secondly, a catchment water balance with water quality issue was made between the water demand and supply. The key point of the catchment water balance lied in comparison of the monitored water quality in the water intakes with the required water quality by the different water users. This comparison reveals that the water quantity is not the major problem in the basin, because the Taihu basin can divert abundant water from the Yangtze River and the reuse rate of water resources in the basin is rather high. However, if the water quality issue is considered, there surely exists a severe water shortage caused by water pollution in the basin. Over the past 20 years, with the rapid development of agriculture and industry and the growing urbanization rate in the lake basin, the water quality of the Taihu Lake has been severely polluted and adversely influenced beneficial uses such as water supply, fisheries, recreation and amenity etc. According to the estimation, the total runoff in Taihu basin is amounted to 14.2 billions m^3 , of which 42% has been severely polluted (worsen than class V). The demand of water resources with a good quality has been rising since 1980s. There is a shortage of 2.48 billions m^3 water with good quality nowadays. The water shortage caused by pollution will strongly affect the sustainable social and economic development in the Taihu Basin in the 21st century.

Keywords: Taihu basin, water resources, water quality assessment